

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

**K
& L****TRANSLATION**

(19) THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE (KR)
(12) PATENT REGISTRATION GAZETTE (R1)

(11) Patent No.: 10-0265865

(51) International Classification
G02B 5/20, G02B 6/00

(24) Registration Date: June 17, 2000

(21) Application Number : 1997-24796

(65) Laid-Open Number : 1999-1454

(22) Filing Date: June 16, 1997

(43) Laid-Open Date: January 15, 1999

(73) Patentee: Korea Advanced Institute of Science and Technology

(72) Inventor(s): KIM, Byung Yoon
KIM, Hyo Sang
YOON, Seok Hyun
HWANG, In Gak

(74) Agent

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.

G02B 5 /20

G02B 6 /00

(11) 등록번호

10-0265865

(24) 등록일자

2000년 06월 17일

(21) 출원번호	10-1997-0024796	(65) 공개번호	특1999-0001454
(22) 출원일자	1997년 06월 16일	(43) 공개일자	1999년 01월 15일
(73) 특허권자	한국과학기술원 은덕용 대전광역시 유성구 구성동 373-1		
(72) 발명자	김명륜 대전광역시 유성구 구성동 373-1, 한국과학기술원 물리학과 김효삼 대전광역시 유성구 구성동 373-1, 한국과학기술원 물리학과 송석원 대전광역시 유성구 구성동 373-1, 한국과학기술원 물리학과 함인각 대전광역시 유성구 구성동 373-1, 한국과학기술원 물리학과 허진석, 정은섭		
(74) 대리인			

심사관 : 신문철

(54) 광섬유가변형파장필터

영세서

도면의 간단한 설명

도1은 본 발명의 실시예에 따른 파장필터의 구성을 나타낸 개략도.

도2는 본 발명의 실시예에 따른 파장필터의 결합량과 투과율을 나타낸 도면.

도3은 본 발명의 실시예에 따른 파장필터의 투과율을 나타낸 도면.

도4는 본 발명의 실시예에 따른 파장필터의 중심파장을 발생파장생기에 인가한 주파수에 대한 함수로 나타낸 그래프.

도5는 본 발명의 실시예에 따른 파장필터의 가변 투과특성의 원리를 설명하기 위한 그래프.

도6은 본 발명의 실시예에 의한 파장필터에 3개의 주파수 성분만 가지는 전기신호를 변위시키며 인가하여 동작시키고, 이 필터의 투과특성을 측정한 결과그래프.

도7은 본 발명의 실시예에 의한 파장필터와 기존의 파장필터에서의 모드변환특성을 비교하기 위한 그래프이다.

* 도면의 주요부분에 대한 부호설명 *

- 111 - 탄성파발생기
- 112 - 탄성파 혼(acoustic horn)
- 121, 123 - 재킷이 있는 광섬유
- 122 - 재킷이 없는 광섬유
- 113 - 탄성파 감쇠기
- 151 - 전기신호

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 광섬유 가변형 파장필터에 관한 것으로서, 특히 광통신 및 광섬유 센서시스템 등에 응용할 수 있는 광섬유 가변형 파장필터에 관한 것이다.

파장필터는, 여러 가지 파장성분을 가지고 입사하는 광에 대해 각 파장에 따라 상이한 투과율 특성을 나타내는 소자로서, 여러 광학시스템에서 중요한 역할을 하는 소자이다. 특히, 광통신 및 광섬유 센서시스템이 발달함에 따라, 특정 파장의 선택이나 광증폭기의 이득평탄화 등에 적합한 파장필터들에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다.

광통신 및 광섬유 센서시스템에 사용되는 파장필터는, 필터기능을 행하는 소자를 기준으로 삼입형소자와 전(후)광섬유소자로 구분할 수 있다.

삼입형소자의 경우는 필터기능을 하는 구조를 광학경점 등에 집적시킨 집적광학소자를 주요 소자로 하며, 이들 광섬유와 접속시켜 제작한다. 이러한 소자의 대표적인 예는, J. 프랑켄 등에 의해 임팩트로닉스 레터스의 1989년판 제25권 제1583쪽에 게재된 "집적 광-음향 가변 파장필터(Integrated optical acoustically tunable wavelength filter)" 제목의 논문에서 개시된 바와 같이, 리튬 니오베이트(LiNbO₃) 등의 단결정 기판에 광도파로를 형성하여 만드는 음향-광 가변필터(Acoustic Optic Tunable Filter: 이하 AOTF라 한다) 등이 있다.

그러나, 삼입형소자의 경우는 광섬유와 집적광학소자를 접속하여야 하며, 이 광섬유와의 접속부에서 큰 손실이 존재하기 때문에, 통과하는 신호광에 대한 손실이 크다는 단점을 가지고 있다. 또한 일부 집적광학소자는 입력광이 편광상태에 따라 필터 특성이 크게 다르기 때문에, 입력 편광상태가 변하는 경우에는 소자를 통과하여 나온 출력광의 세기가 이에 따라서 변한다는 단점을 가지고 있다.

전(후)광섬유소자는 광섬유의 고유 무드특성을 이용하여 필터의 손실을 가질 수 없는 것으로서, 삼입형소자와 비교하여 전송손실이 매우 적은 장점을 가진다.

이러한 예로서는, A.M. 벤사카 등에 의해 옵틱스 레터스의 1996년판 제21권 제336쪽에 게재된 "장주기 광섬유 격자물 기층을 한 이득 이퀄라이저(Long-period fiber-grating-based gain equalizers)" 제목의 논문에서 개시된 바와 같이, 단일모

드 광섬유의 코아의 굴절률을 주기적으로 변화시키는 방법으로 구현하는 장주기 격자필터를 들 수 있다. 이 필터는 접속 손실과, 입력광의 편광에 대한 특성변화가 거의 없으며, 제작공정에서 광섬유 코아의 굴절률의 변화주기를 조절함으로써 여러 가지 필터의 모양을 구현할 수 있다는 장점을 가진다. 그러나, 일단 제작된 필터의 경우에는 그 필터특성을 변화시키기가 어렵다는 단점을 가지고 있다.

한편, 전광섬유 소자로서 가변형 필터로 동작가능한 또 다른 예로서는, 김병훈 등에 의해 옵틱스 레터스의 1986년판 제11권 제389쪽에 게재된 "전광섬유 음향-광 주파수 시프터(All-fiber acousto-optic frequency shifter)" 제목의 논문 및 김병훈 등의 미국 특허 제 4,832,437호에 개시된 바와 같이, 이중 모드 광섬유를 이용하는 소자일 수 있다. 이 소자는 필터의 중심 파장을 바꿀 수 있다는 장점을 가지나, 구현할 수 있는 필터의 파장특성이 극히 제한되어 있다는 단점을 가진다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 필터의 중심파장 또는 그 파장대역에서의 빛의 투과특성을 전기적으로 제어할 수 있는 광섬유 가변형 필터를 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기한 목적을 실현하기 위한 본 발명은,

광을 전송하는 단일 모드의 광섬유와; 상기 광섬유에 의해 전송되는 광의 코아모드와 상기 광의 파장에 의존되게 선택적으로 클래딩모드로 변환시키는 모드 변환수단으로서 상기 광섬유에 가변 탄성파를 발생시키는 탄성파 발생기와; 상기 변환된 클래딩모드를 제거하는 모드 제거수단을 구비하는 광섬유 가변형 파장필터를 제공한다.

본 발명에 있어서, 상기 탄성파 발생기는 입력 전기신호에 대응하여 탄성파를 발생시키는 변환기인 것이 바람직하다. 또한, 상기 변환기는 상기 입력 전기신호의 주파수 및 진폭의 조절에 의하여 상기 탄성파의 진폭 및 파장을 각각 가변시킬 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 또한, 여기서 상기 입력 전기신호는 복수개의 주파수 성분을 가지도록 하여 조절하는 것이 더 바람직하며, 상기 입력 전기신호의 각 주파수 성분은 입력광을 서로 다른 클래딩모드로 변환시키도록 하는 것이 더욱 더 바람직하다.

더욱이, 상기 모드 제거수단은 재킷의 일부가 제거된 광섬유로 이루어지게 할 수 있다.

다음, 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기에 앞서 광섬유에 의한 광전송에 대한 일반적인 원리부터 설명한다.

일반적으로 광섬유에 의하여 전송되는 광은 광섬유의 코아와 클래딩 경계면에서의 전반사조건에 의하여 진행하게 된다. 반면에, 클래딩을 둘러싸고 있는 재킷이 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 크고, 광의 흡수율도 크기 때문에 클래딩은 광이 진행하기는 힘들다.

그러나, 재킷이 제거된 경우, 즉 클래딩이 공기 중에 노출되는 경우에는, 클래딩의 굴절률이 공기의 굴절률보다 크기 때문에 클래딩/공기 경계면에서 전반사 조건이 성립하게 되어, 클래딩을 통하여서도 광이 멀리 진행할 수 있게 된다.

이와 같이 재킷이 제거된 광섬유에서는, 서로 다른 전반사 조건에 의하여 진행하는 광에 주로 두 종류의 모드가 존재한다. 그 중에 코아/클래딩면의 전반사조건이 성립하여 진행하는 모드를 코아모드, 클래딩/코아면의 전반사조건이 성립하여 진행하는 모드를 클래딩모드라 한다.

코아모드는 대부분의 에너지가 코아 내에 분포되어 있고, 클래딩모드는 클래딩에 분포되는 특징을 가진다.

진행하는 모드들의 전파상수(propagation constant)는 서로 다르며, 코아모드의 광섬유내의 전파상수를 β_c , 클래딩모드의 전파상수를 β_d , 진공 중에서의 광의 전파상수를 k , 광섬유 클래딩의 굴절률을 n_d 이라고 할 때, 다음과 같은 식이 성립한다.

일반적인 통신용 단일모드 광섬유 경우에는 동작 파장영역에서 하나의 코아모드만이 존재하며, 이 광섬유의 재킷이 제거된 경우에는 하나의 코아모드와 다수의 클래딩모드가 존재하게 된다.

본 발명에 의한 광섬유 가변형 파장필터의 동작원리는 기본적으로 코아모드로 들어오는 광을 클래딩모드로 변환시켜 제거하는 것을 기본으로 한다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 첨부 도면을 참조하여 설명한다. 또한, 본 실시예에는 본 발명의 권리범위를 한정하는 것은 아니고, 단지 예시로서 제시된 것이다.

도1은 본 발명의 실시예에 따른 파장필터의 구성을 나타낸 개략도이다.

이 파장필터는 신호광(141)을 전송하는 단일 모드 광섬유의 재킷 일부를 제거하여 재킷이 있는 광섬유부분(121, 123)과 재킷이 없는 광섬유부분(122)으로 구성되게 하고, 이 광섬유에 탄성파를 여기시키는 탄성파발생기(111)를 구비하고 있다. 탄성파발생기(111)는 전기신호를 기계적인 진동으로 변환시켜 탄성파를 발생시키는 부편으로서, 예컨대 PZT(Piezoelectric Transducer)소자와 발생한 탄성파를 진행방향으로 유도하고, 작은 부분으로 집중시킴으로써 탄성파의 진폭을 크게 하는 원뿔모양의 탄성파 혼(acoustic horn)(112)으로 구성되어 있다.

이 파장필터의 동작을 설명하면 다음과 같다.

탄성파발생기(111)에 주파수가 f 로 일정한 전기신호(151)를 인가하면, 이와 동일한 주파수값 가지는 탄성파가 발생하게 되고, 이 탄성파는 광섬유(122)로 전달되어, 광섬유 내를 진행하고, 탄성파감쇠기(acoustic damper)(113)에서 흡수된다. 광섬유 내를 진행하는 탄성파는 광섬유(122)를 변형시키고, 이에 따라 광섬유 내를 진행하는 빛이 겪는 유효굴절률을 변화시킨다. 이러한 광섬유의 유효굴절률의 변화는 코아 내를 진행하는 신호광을 클래딩 부분을 통하여 진행하는 클래딩모드로 변환시키게 된다.

신호광(141)이 본 발명에 의한 파장필터에 입사되면, 재킷이 제거된 광섬유(122) 내를 진행하면서 일부는 클래딩모드로 변환되고, 나머지는 코아모드로 진행하게 된다. 광섬유(122)에서 클래딩모드로 변환된 빛은, 재킷이 있는 광섬유(122)에 도달하여 더 이상 진행하지 못하고 일부는 흡수되고, 일부는 광섬유 외부로 새어 나가게 된다.

한편, 신호광(141)이 클래딩모드로 변환되는 결합량(coupling)은 입사되는 신호광의 파장에 대한 의존성을 가진다. 따라서, 도2의 (a)는 서로 다른 탄성파의 진폭에 대한 결합량을 파장의 함수로 나타낸 것으로서, 도면에 나타난 바와 같이 결합량은 특정 파장(도2에서의 λ_c)을 중심으로 하여 대칭적인 특성을 보이며, 대칭중심의 파장은 동일하지만 탄성파 진폭의 상이함에 따라 결합량이 다른 결과(211, 212)를 나타낼 수 있다.

따라서, 본 발명의 실시예에 의한 도1의 파장필터를 통과한 출력광(142)의 투과율은 파장에 따라 다르게 되어, 도2의 (b)에 도시된 바와 같이 특정 파장의 광을 흡수 감쇠시켜서 출력하는 노치필터(notch filter)의 역할을 하게 된다. 도2의 (b)는 탄성파의 진폭을 달리한 경우에 대한 결합량에 따른 투과율을 파장에 대한 함수로 나타낸 것이다. 투과율도 결합량과 마찬가지로 중심파장을 동일하지만, 탄성파 진폭의 상이함에 따라 다른 투과율 특성(221, 222)을 나타낼 수 있다.

한편, 필터의 중심파장 λ_c 는 다음의 식을 만족한다.

$$\beta_{co}(\lambda) - \beta_{cl}(\lambda) = \frac{2\pi}{\lambda_a}$$

이 식에서 $\beta_{co}(\lambda)$, $\beta_{cl}(\lambda)$ 는 각각 광섬유 내의 코아모드와 클래딩모드에 대한 전파상수로서, 파장에 의존하는 양이고, λ_a 는 탄성파의 파장이다.

따라서, 탄성파 발생기에 인가하는 전기신호의 주파수를 바꾸면, 광섬유 내에서의 탄성파의 파장이 변하게 되어, 필터의 중심파장이 변화하게 된다. 또한, 상기한 바와 같이 투과율은 탄성파의 진폭에 의존하는 양이므로, 탄성파 발생기에 인가하는 전기신호의 진폭을 바꾸으로써, 신호의 투과율을 조절할 수 있다.

도3은 본 발명의 실시예에 따른 가변형 파장필터의 투과율을 서로 다른 전기신호 주파수에 대하여 측정한 것으로서, 파장필터의 중심파장(각성분이 최대가 되는 파장)이 각각 1530nm, 1550nm, 1570nm로 다르게 나타난 것을 알 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예에 의한 파장필터의 중심파장값, 탄성파발생기에 인가되는 전기신호의 주파수를 변화시킴으로써, 전기적으로 변화할 수 있음을 알 수 있다.

한편, 상기한 바와 같이, 재킷이 제거된 광섬유의 경우에는 복수개의 클래딩모드가 존재하므로, 코아모드는 여러 개의 클래딩모드로 결합될 수 있다. 도4는 본 발명의 실시예에 의한 광섬유 가변형 파장필터의 중심파장을 탄성파발생기에 인가한 주파수에 대한 함수로 그린 것이다. 도4에서 직선 411, 412, 413은 코아모드가 서로 다른 3개의 클래딩모드로 결합됨으로써 나타나는 파장필터의 중심파장이다.

도4로부터 이 경우에는 어떤 한 파장을 중심파장으로 가질 수 있는 인가주파수가 3개가 있음을 알 수 있다. 이는, 복수의 주파수 성분을 가지는 전기신호를 탄성파발생기에 인가하는 방법을 통하여, 입사된 신호광을 복수의 클래딩모드로 변환시킴으로써 감쇠시킬 수 있음을 의미한다. 또한, 전기신호의 각 성분의 주파수와 진폭을 조절함으로써, 필터의 파장영역에서의 특성을 전기적으로 제어할 수 있음을 의미한다.

이를 보다 쉽게 이해하기 위하여 서로 다른 주파수 f1, f2, f3에 의한 필터의 투과특성이 각각 도5의 (a)에서 511, 512, 513과 같은 경우를 고려하여 보자. 이 때, 주파수 f1은 코아모드로 입사된 신호광을 어떤 클래딩모드(클래딩모드 A)로서, 주파수 f2는 다른 클래딩모드(클래딩모드 B)로서, 주파수 f3은 클래딩모드 A, B와는 또 다른 클래딩모드(클래딩모드 C)로서, 각각 결합시킨다고 가정한다. 만일 탄성파발생기에 주파수성분이 f1, f2, f3을 가지는 전기신호를 인가하면, 그 투과특성은 도5 (b)의 곡선 514와 같이 나타난다.

또한, 도5의 (c)에 도시한 바와 같이, 주파수 f1', f2', f3'에 의한 곡선 521, 522, 523과 같은 투과특성을 가진다면, 세 주파수 f1', f2', f3'를 동시에 인가하는 경우는 도5 (d)의 곡선 524와 같은 투과특성을 가진다.

도6은 본 발명의 실시예에 의한 광섬유 가변형 파장필터에 3개의 주파수 성분을 가지는 전기신호를 변화시키며 인가하여 동작시키고, 이 필터의 투과특성을 측정한 결과이다. 이 결과로부터, 본 발명에 의한 파장필터의 탄성파발생기에 복수 개의 주파수성분을 가지는 전기신호를 인가하여 동작시키는 경우, 도6의 (a)와 (b)에 도시된 바와 같이 다양한 모양의 투과특성(611, 621, 622)을 실현할 수 있음을 알 수 있다.

한편, 기존의 가변형 파장필터의 경우는 단지 두 개의 모드간의 결합만을 이용하기 때문에, 복수 개의 주파수들 인가하여 선택이 넓은 필터 특성을 얻기 위해서는 인가하는 복수 개의 주파수의 차이가 필수적으로 작아지게 된다. 이 경우에는, "집적 빛향-광 필터 및 스위치의 다파장 동작에 있어서 채널간의 간섭(Interchannel Interference in Multiwavelength Operation of Integrated Acousto-Optical Filters and Switches)"의 제목으로 F. 티안과 H. 허언에 의해 저널 오브 라이트웨이브 테크놀로지의 1995년판 제13권 제6호 제1146쪽 내지 1154쪽에 기재된 바와 같이, 필터에 입사된 신호광이 동시에 여러 주파수성분에 의하여 동일한 모드로 변환되므로, 이에 의하여 출력되는 신호광이 인가 주파수성분의 차에 해당하는 주파수를 가지고 변조되는 바람직하지 않은 현상이 존재한다. 그러나, 본 발명에 의한 파장필터는 전기신호의 각 주파수 성분이 입력광을 서로 다른 클래딩모드로 변환시키므로 전술한 바와 같은 문제가 발생하지 않는다는 장점을 가진다.

본 발명의 실시예에 의한 파장필터의 탄성파발생기에 복수개의 주파수를 인가하여 입사된 신호광의 코아모드인 복수 개의 클래딩모드로 변환시킴으로써 다양한 필터특성을 제공하는 방법인, 기존의 방법인 복수개의 주파수를 인가하여 입사광을 다른 하나의 모드로만 변화시키는 방법에 비하여 우수함을 보여주기 위하여 다음과 같이 실험을 실시하였다.

먼저 기존의 방법을 모사하기 위하여, 인접한 주파수 2.239MHz와 2.220MHz를 인가하여 도7의 (a)에 보인 바와 같은 필터 특성을 얻었다. 이때 인가된 두 주파수는 입사광을 동일한 클래딩모드로 변환시키는 값이다. 이 조건에서 필터에 중심파장이 1547nm인 선풍이 좁은 신호광을 입사시키고 출력광을 관찰한 결과, 두 인가주파수의 차이에 해당하는 주파수를 가지는 바람직하지 않은 변조신호가 있음을 알 수 있었다(도7의 (b)참조).

한편, 본 발명의 실시예에 따른 파장필터의 탄성파발생기에 주파수 2.239MHz와 1.951MHz를 인가하였다. 여기서 두 주파수 성분은 입사광을 서로 다른 클래딩모드로 변환시키게 된다. 앞의 실험과 같이 좁은 선풍을 가지는 신호광을 입사시키고 출력광을 관찰한 결과 도7의 (c)에 나타내었으며, 도7의 (d)로부터 알 수 있듯이, 기존의 파장필터에서 나타나는 바람직하지 않은 신호의 변조는 보이지 않음을 알 수 있다.

발명의 효과

광통신 시스템 등의 응용분야에서는 다양한 형태의 파장대역에서의 필터특성을 가지면서, 그 필터특성을 전기적으로 변화시킬 수 있는 필터가 요구되고 있다.

본 발명의 광섬유 가변형 파장필터는, 기존의 가변형 파장필터가 제공하지 못하는, 상기 특성을 제공한다는 장점을 가진다.

이를 구체적인 실시예에 의해 설명하면, 본 발명에 의한 광섬유 가변형 파장필터는 그 탄성파발생기에 복수의 주파수를 가지는 전기신호를 인가하여 입사광을 복수 개의 클래딩모드로서 결합시킴으로써, 전기적으로 변화시킬 수 있는 다양한 필터특성을 제공할 수 있다.

(5/) 청구의 범위

청구항 1. 광을 전송하는 단일 모드의 광섬유와;

상기 광섬유에 의해 전송되는 광의 코아모드를 상기 광의 파장에 의존되게 선택적으로 클래딩모드로 변환시키는 모드 변환수단으로서 상기 광섬유에 가변 탄성파를 발생시키는 탄성파 발생기와;

상기 변환된 클래딩모드를 제거하는 모드 제거수단을 구비하는 광섬유 가변형 파장필터.

청구항 2. 제1항에 있어서, 상기 탄성파 발생기는 입력 전기신호에 대응하여 탄성파를 발생시키는 변환기인 것을 특징으로 하는 광섬유 가변형 파장필터.

청구항 3. 제2항에 있어서, 상기 변환기는 상기 입력 전기신호의 주파수 및 진폭의 조절에 의하여 상기 탄성파의 진폭 및 파장을 각각 가변시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 광섬유 가변형 파장필터.

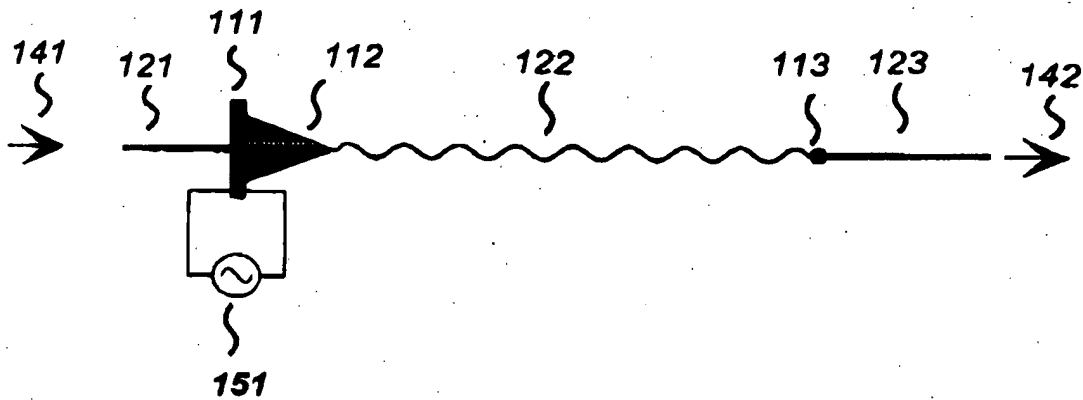
청구항 4. 제3항에 있어서, 상기 입력 전기신호는 복수개의 주파수 성분을 가지도록 하여 조절하는 것을 특징으로 하는 광섬유 가변형 파장필터.

제구항 5. 제4항에 있어서, 상기 입력 전기신호의 각 주파수 성분은 입력광을 서로 다른 편광모드로 변환시키도록 하는 것을 특징으로 하는 광섬유 가변형 파장필터.

제구항 6. 제1항 내지 제5항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 모드 제거수단은 재킷의 일부가 제거된 광섬유인 것을 특징으로 하는 광섬유 가변형 파장필터.

도면

도면1



도면2

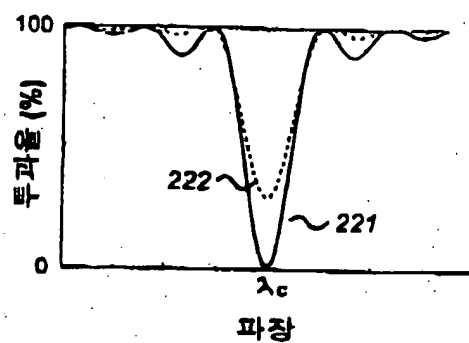
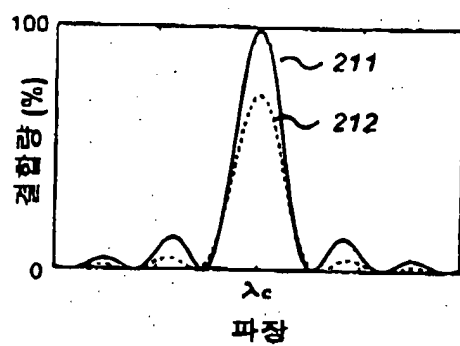


Fig 3

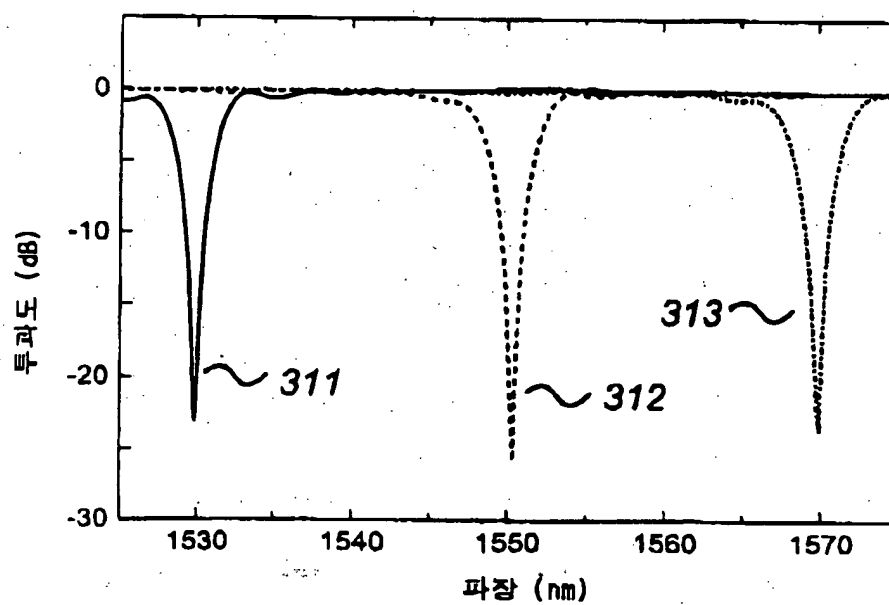
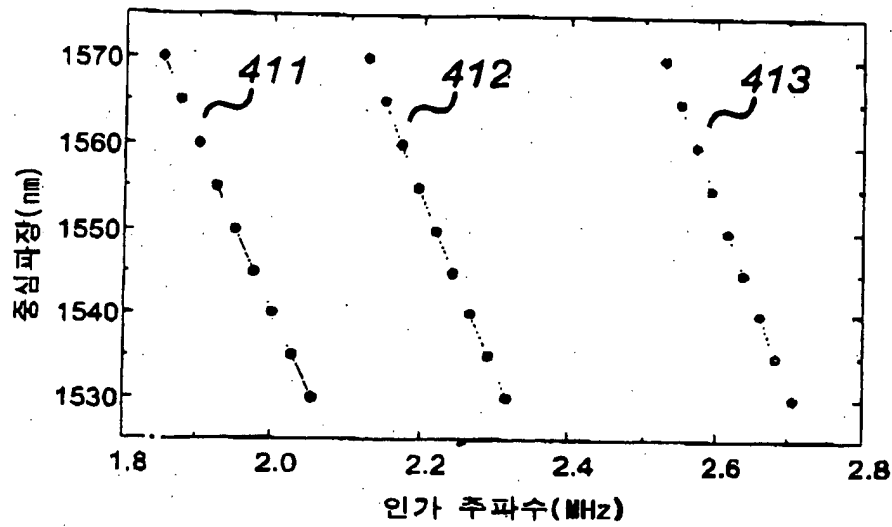
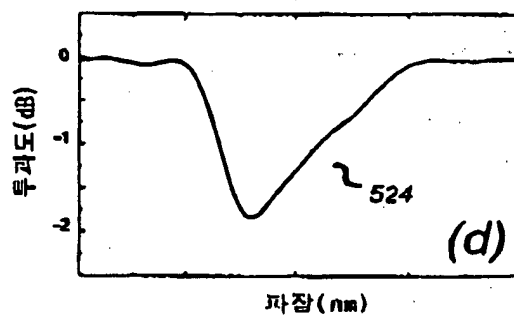
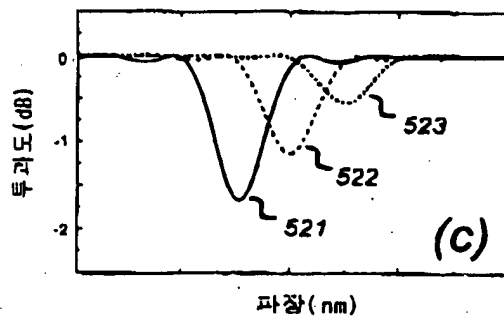
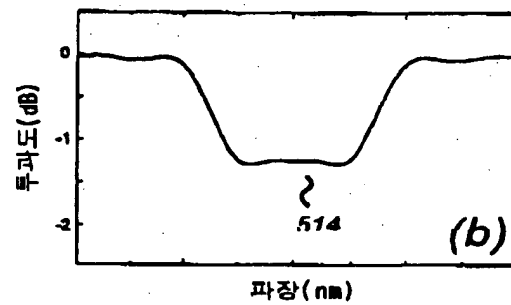
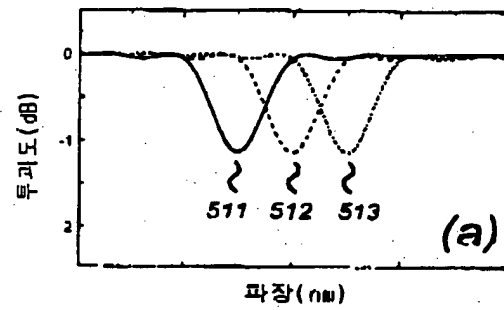


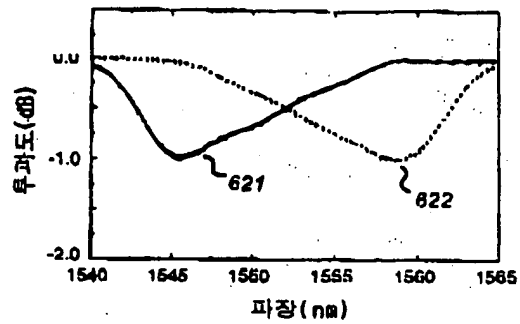
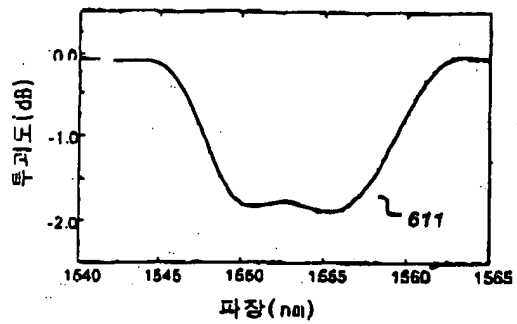
Fig 4



도면5



도면 6



도면 7

